

démarrer en électronique...

...on continue avec l'ampli-op !

Eric Bogers (Elektor)

Nous avons terminé l'épisode précédent en explorant deux générateurs de signaux basés sur des ampli-op : le générateur de signaux carrés et le générateur de signaux triangulaires. Dans ce dernier volet de l'année de notre série « démarrer en électronique... », nous examinerons, entre autres, le générateur d'ondes sinusoïdales et quelques multivibrateurs.

Générateur d'ondes sinusoïdales

Une vibration sinusoïdale est souvent considérée la plus « naturelle » de toutes les oscillations. Toutefois dans l'électronique pratique, il est en fait assez difficile de générer une onde sinusoïdale - en particulier lorsqu'il est nécessaire de minimiser la distorsion.

La **figure 1** montre un oscillateur dit à pont de Wien ; il génère une onde sinusoïdale dont la fréquence est donnée par :

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C}$$

Le trimpot règle le gain général. Ce réglage est assez critique : si le gain total est inférieur à 1, l'oscillateur ne se déclenchera pas. À l'inverse, si le gain est supérieur à 1, le circuit sera amené à saturation. Il en résulte un écrêtage du signal et, par conséquent, l'introduction d'une distorsion.

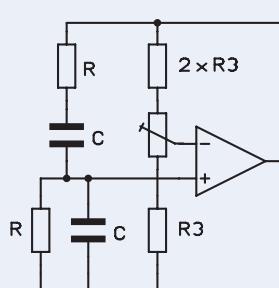


Figure 1. Générateur sinusoïdal.

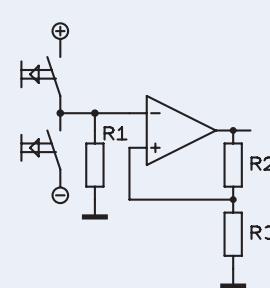


Figure 2. Multivibrateur bistable.

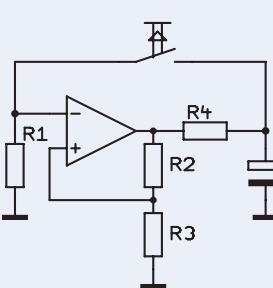


Figure 3. Bascule avec un seul bouton.

Il existe plusieurs méthodes pour stabiliser cet oscillateur, chacune présentant ses propres désavantages. La stabilisation à l'aide d'une résistance CTP (comme une petite lampe à incandescence) ne se révèle pas efficace pour maintenir une amplitude constante. C'est pourquoi nous choisissons de laisser le montage de la figure 1 inchangé et d'accepter une distorsion de 1%.

Lorsque nous avons besoin d'une distorsion plus faible, nous pouvons supprimer les harmoniques à la sortie en utilisant un filtre passe-haut ou passe-bande. Une autre approche consiste à générer l'onde sinusoïdale numériquement, puis à la convertir en analogique en utilisant un convertisseur N/A. La stabilité de la fréquence et de l'amplitude ainsi que le faible niveau de distorsion que l'on peut obtenir de cette manière ne pourront jamais être atteints avec un circuit analogique.

Multivibrateur bistable

Nous avons précédemment abordé le multivibrateur bistable (ou la bascule), réalisé avec des transistors discrets. Cependant, cette fonction peut également être réalisée avec un ampli-op, comme le montre la **figure 2**.

Les résistances R2 et R3 assurent à l'ampli-op une rétroaction positive similaire à celle utilisée dans le générateur d'ondes carrées présenté dans l'épisode précédent. Le rapport de division de la tension de sortie n'est pas crucial - ce circuit est capable de fonctionner correctement avec presque n'importe quel rapport.

La résistance R1 relie l'entrée inverseuse à la masse. Lorsque l'on appuie sur l'un des deux boutons-poussoirs, l'entrée inverseuse est connectée à la tension d'alimentation positive ou négative et la sortie de l'ampli-op passe au potentiel opposé. Cette nouvelle valeur reste maintenue, même après le relâchement du bouton-poussoir.

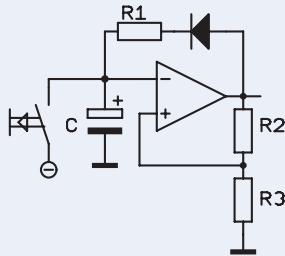


Figure 4. Multivibrateur monostable.

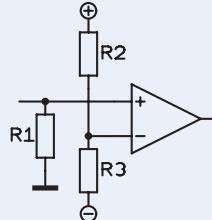


Figure 5. Un comparateur ordinaire.

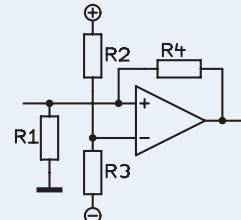


Figure 6. Trigger de Schmitt.

La **figure 3** illustre un multivibrateur bistable qui fonctionne avec un seul bouton-poussoir. Supposons que la sortie soit positive : le condensateur se charge alors via la résistance R4 au même potentiel positif. Lorsque nous appuyons sur le bouton, ce potentiel est alors connecté à l'entrée inverseuse de l'amplificateur, qui devient alors plus élevée que l'entrée non inverseuse. La conséquence est que la sortie de l'amplificateur s'inverse et devient négative - après quoi le condensateur est chargé au potentiel négatif.

Le comportement du circuit lorsque le bouton est maintenu enfoncé peut être réglé avec des diviseurs de tension R2/R3 et R4/R1. Lorsque la tension aux bornes de R1 est inférieure à celle aux bornes de R3, maintenir le bouton pressé n'affectera pas l'état de la sortie, qui restera inchangé. En revanche, si la tension aux bornes de R1 est supérieure, le circuit se comporte comme un multivibrateur astable et la sortie oscille tant que le bouton est maintenu enfoncé.

Multivibrateur monostable

Il est également possible de construire un multivibrateur monostable (one-shot) en utilisant un ampli-op. Le montage de la **figure 4** est une adaptation du multivibrateur astable (générateur d'ondes carrées). La diode assure que le condensateur ne puisse être chargé que via la sortie et empêche sa décharge. Ceci est réalisé avec un bouton-poussoir.

Comparateur

Un comparateur est un montage qui compare deux tensions et qui, dans la plupart des cas, devient actif lorsqu'une tension dépasse ou descend sous une valeur seuil fixée. La tension de référence (la valeur seuil) est réglée avec R2 et R3 (voir **figure 5**). Lorsque la tension sur l'entrée non inverseuse est supérieure à la tension de référence, alors la sortie de l'ampli-op est positive - et dans l'autre cas, elle est négative.

Dans les applications « classiques », un comparateur ordinaire suffit souvent. Cependant, il existe des applications où la tension d'entrée est très proche de la tension de référence et où du bruit peut également être présent. Il est alors possible que l'amplificateur configuré comme un simple comparateur continue à osciller entre le positif et le négatif. Il s'agit généralement d'une situation indésirable qui peut être évitée en utilisant ce que l'on appelle un « trigger de Schmitt ».

Trigger de Schmitt

Le Trigger de Schmitt (**figure 6**) est similaire à un comparateur, mais se distingue par l'ajout d'une résistance de rétroaction positive. Ce montage ne doit pas être piloté par une source à faible impédance ; si c'est le cas, il est nécessaire d'ajouter une résistance en série avec l'entrée.

La résistance de rétroaction positive crée une hystérésis : la tension à laquelle la sortie devient positive est plus élevée que la tension à

laquelle la sortie redevient négative. La valeur de l'hystérésis doit être calculée pour être beaucoup plus élevée que le bruit prévu sur le signal d'entrée.

Montages de filtrage

L'ensemble de la gamme audio s'étend sur trois décades, soit une plage de fréquences allant de 20 Hz à 20 kHz. Avec un peu d'effort, un haut-parleur peut reproduire assez bien une décade. Ainsi, pour obtenir une qualité audio acceptable, toute la gamme audio doit être divisée en parties distinctes qui sont ensuite reproduites par différents haut-parleurs (spécialisés).

Il est certainement possible de concevoir les filtres cross-over nécessaires en utilisant des montages de filtres passifs, comme ceux que nous avons étudiés dans ce cours d'électronique de base. Toutefois, ces filtres passifs présentent quelques inconvénients : à des ordres plus élevés, les pertes dans les composants (principalement la résistance du fil d'enroulement en cuivre qui constitue les inductances) deviennent de plus en plus problématiques. L'amortissement des haut-parleurs est nettement réduit, et les « grosses » inductances et condensateurs sont lourds et coûteux. Il est donc préférable de diviser cette gamme de fréquences en différentes plages avant l'amplification ; on parle alors d'un filtre répartiteur actif. Avec les filtres actifs, les pertes des composants peuvent être compensées facilement grâce à un simple étage d'amplification. Généralement, ces circuits ne nécessitent pas l'utilisation d'inductances et sont construits exclusivement à partir de réseaux RC, soit des combinaisons judicieuses de résistances et de condensateurs. Vous êtes curieux d'en apprendre plus ? Il vous faudra patienter jusqu'à la publication de notre numéro de janvier/février 2025, où nous explorerons en détail le monde fascinant des filtres cross-over actifs. ↗

240431-04

Note de la rédaction : la série d'articles « démarrer en électronique » est basée sur le livre « Basiskurs Elektronik » de Michael Ebner, publié par Elektor.

Questions ou commentaires ?

Contactez Elektor (redaction@elektor.fr).



Produits

➤ Livre « L'électronique pour les débutants », Rémy Mallard
www.elektor.fr/15662